

BEST AVAILABLE COPY

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-060739

(43)Date of publication of application : 06.03.2001

(51)Int.Cl.

H01S 5/18

(21)Application number : 11-232601

(71)Applicant : NIPPON TELEGR & TELEPH CORP
<NTT>

(22)Date of filing : 19.08.1999

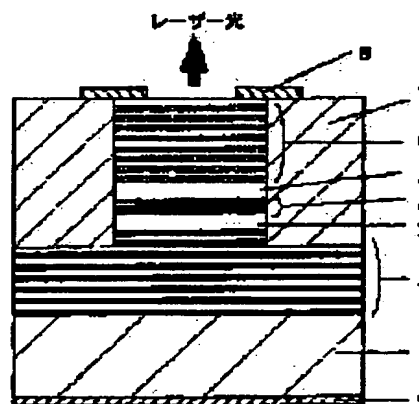
(72)Inventor : TADANAGA OSAMU
TATENO KOUTA
UENOHARA HIROYUKI
KAGAWA TOSHIAKI
AMANO CHIKARA

(54) SURFACE EMISSION LASER

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To enhance stability of polarizing direction while keeping a high coupling efficiency with an optical fiber by employing a multiple quantum well having a well layer of a specified substance introduced with compressive distortion in an active layer.

SOLUTION: The surface emission laser is fabricated by epitaxially growing an n-type distributed feedback reflector 2, an AlGaAs spacer layer 3, an InAlGaAs/AlGaAs multiple quantum well active layer 4, an AlGaAs spacer layer 5, and a p-type distributed feedback reflector 6 sequentially on an n-type GaAs substrate 1. The AlGaAs spacer layer 3 comprises a nondoped Al_{0.6}Ga_{0.4}As spacer layer and the InAlGaAs/AlGaAs multiple quantum well active layer 4 comprises a multiple quantum well layer of three well layers including a well layer of nondoped In_{0.6}Al_{0.156}Ga_{0.65}As and a barrier layer of nondoped Al_{0.3}Ga_{0.7}As. When a current is injected to a surface emission laser having such a structure under room temperature, laser oscillation is confirmed at an oscillation wavelength of 0.85 μm .



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

09.10.2001

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision
of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2001-60739

(P2001-60739A)

(43) 公開日 平成13年3月6日 (2001.3.6)

(51) Int.Cl.

H 0 1 S 5/18

識別記号

F I

H 0 1 S 5/18

テマコード (参考)

5 F 0 7 3

審査請求 未請求 請求項の数 1 O L (全 5 頁)

(21) 出願番号

特願平11-232601

(22) 出願日

平成11年8月19日 (1999.8.19)

(71) 出願人

000004226

日本電信電話株式会社

東京都千代田区大手町二丁目3番1号

(72) 発明者

忠永 修

東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日

本電信電話株式会社内

(72) 発明者

館野 功太

東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日

本電信電話株式会社内

(74) 代理人

100083552

弁理士 秋田 収喜

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 面発光レーザ装置

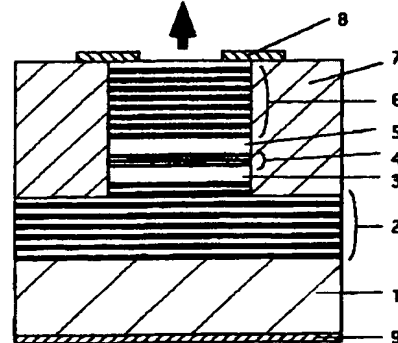
(57) 【要約】

【課題】 光導波構造を円形のままで<2-33->方向と<01-1->方向の閾値キャリア密度差をさらに大きくすることにより、動特性においても安定した偏光特性を示す面発光レーザ装置を得る。

【解決手段】 面方向が(100)面から(011)面もしくは(011-)面方向へ15°~40°傾斜したGaAs基板上にエピタキシャル成長により形成された上下の多層膜からなる分布帰還型反射鏡とその間に挟まれた量子井戸からなる活性層を有する面発光レーザ装置において、前記活性層は圧縮歪みが導入されたInAlGaAs又はInGaAsPからなる井戸層を有する多重量子井戸である。

図 1

レーザー光



1...n型GaAs基板、2...n型分布帰還型反射鏡、3...AlGaAsスペーサ層、4...InAlGaAs/AlGaAs多重量子井戸(MQW)活性層、5...AlGaAsスペーサ層、6...p型分布帰還型反射鏡、7...ポリイミド、8...p型オーミック電極9...n型オーミック電極9。

【特許請求の範囲】

【請求項1】 面方位が(100)面から(011)面もしくは(011-) (1-は1の上にバーを付したものを表す)面方向へ $15^{\circ} \sim 40^{\circ}$ 傾斜したGaAs基板上にエピタキシャル成長により形成された上下の多層膜からなる分布帰還型反射鏡とその間に挟まれた量子井戸からなる活性層を有する面発光レーザ装置において、前記活性層は圧縮歪みが導入されたInAlGaAs又はInGaAsPからなる井戸層を有する多重量子井戸であることを特徴とする面発光レーザ装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明が属する技術分野】本発明は、光インターコネクションや2次元並列信号処理に用いられる偏光が制御された面発光レーザ装置に関する。

【0002】

【従来の技術】面発光レーザ装置は、2次元高密度集積が可能であり、発光パターンが円形であるため光ファイバとの結合が容易であることから、光インターコネクションや2次元並列信号処理用の光源として重要である。

【0003】しかし、発光面内の対称性が良いために発振する偏光方向がランダムで、そのために高速伝送を行った場合に過剰ノイズの原因となる。また、偏光方向がランダムであることは、フリースペースを用いたシステムや光メモリ等の偏光方向依存の系に適用する場合にも伝送エラーが発生する原因になる。

【0004】そこで、レーザ光の偏光方向を面内のある一定方向に制御する試みがこれまで数々報告されている。例えば、T. Mukaiharu et.al., IEEE Photonics Technology Letters, vol 5, PP.133~135 (1993)に開示されているように、(100)面内に異方性応力を加える方法、また、K.D. Choquette et.al., IEEE Photonics Technology Letters, vol 6, PP.40~42 (1994)に開示されているように、導波方向の断面構造に異方性をもうけることによって導波モードを制御するものがある。その他では基板の面方位が(100)面から(011)もしくは(011-) (1-は1の上にバーを付したものを表す)面方向に数度基板面が傾いているオフ基板を用いて異方性光学利得を利用したもの、そしてさらに、傾斜した(n11)面、(1nn)面といった傾斜基板上に作製することで結晶の異方性より得られる面内の光学利得の異方性増大を利用した物がある。これらの中で作製方法が(100)面上のものと同じであり、光ファイバとの結合を考慮した場合に出射形状を円形にすることができる傾斜基板上に作製した面発光レーザ装置が有望であると考えられる。

【0005】加えて、(100)面から(011)もしくは(011-)面方向に約 55° 傾いた(111)面に等価な面上では結晶的に異方性がなく、またさらに、傾いた(1nn)面($n>1$)に等価な面上ではその閃

亜鉛鉱構造の結晶の劈開特性より長方形に劈開することが困難なため、傾斜角度は $15^{\circ} \sim 40^{\circ}$ が適当であると考えられる。

【0006】このような傾斜基板を用いた偏光制御型面発光レーザは、M. Takahashi et.al., IEEE Photonics Technology Letters, vol 8, PP737~739 (1996)やA. Mizutani et.al., Japan Journal of Applied Physics, vol 37, PP1408 (1998)に開示されているように、 $0.98 \mu\text{m}$ 帯のものと、K. Tateno et.al., Applied Physics Letters, vol 70, PP3395 (1997)に開示されているような $0.85 \mu\text{m}$ 帯のものがあり、双方とも(100)面から(011)面方向もしくは(011-)面方向に約 25° 傾斜したGaAs(311)基板上に作製されている。

【0007】そして、指数面の表記を前述したTateno et.al.の報告に合わせて説明すると、その導波構造が2軸に対称な円形であっても(311-)面内において $<2-33->$ 方向に偏光した発振特性を示す。ここで、偏光方向とその直交する方向、前記の例で言えば、(311-)面内における $<2-33->$ 方向とその直交する $<01-1->$ 方向の光強度比を直交偏波抑圧比と言う。

【0008】一般的に通常の(100)面上であっても、 $0.98 \mu\text{m}$ 帯レーザは安価に容易に入手できる基板上に作製する場合、格子整合系で活性層を作成することは困難なため、GaAs基板に格子定数の大きいInGaAsを井戸層として用い、歪み量子井戸構造としている。すなわち、簡便に作製する場合、どうしても歪み量子井戸を活性層に用いなくてはならない。一方、発振波長が $0.75 \mu\text{m} \sim 0.9 \mu\text{m}$ のレーザでは、歪み量子井戸を用いなくとも当該波長の発光が可能であり、かつ光学利得も十分な大きさを持っているため格子整合系のGaAs/AlGaAs量子井戸を活性層として用いるのが一般的であり、報告されている偏光制御型面発光レーザ装置においてもGaAs/AlGaAs量子井戸を用いているものだけである。

【0009】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、前記GaAs/AlGaAs量子井戸を用いた偏光制御型面発光レーザ装置は、 $<2-33->$ (2-, 3-はそれぞれ2, 3の上にバーを付したものを表す)方向に偏光しているが、 $<01-1->$ 方向との利得差が小さいため $<01-1->$ 方向にも発光が観測され、その直交偏波抑圧比は最大で15dBにとどまっている。この $<01-1->$ 方向への発光が動特性において、影響を及ぼし過剰ノイズの十分な低減を行えていなかった。また、偏波依存性のある系での伝送特性のエラーの原因にもなる。

【0010】これは、半導体レーザの動特性において、キャリア注入時にキャリア密度は $<2-33->$ 方向の発振閾値を越え緩和振動し、 $<2-33->$ 方向と比較して高いがその差が小さいため $<01-1->$ 方向の閾値まで

到達し、 $\langle 01-1 \rangle$ 方向の発振も許容してしまう。これを解決するためには $\langle 2-33 \rangle$ 方向と $\langle 01-1 \rangle$ 方向の閾値キャリア密度差をさらに大きくする必要がある。

【0011】本発明の目的は、導波構造を円形のままで $\langle 2-33 \rangle$ 方向と $\langle 01-1 \rangle$ 方向の閾値キャリア密度差をさらに大きくすることにより、動特性においても安定した偏光特性を示す面発光レーザ装置を提供することにある。

【0012】本発明の前記ならびにその他の目的と新規な特徴は、本明細書の記述及び添付図面によって明らかにする。

【0013】

【課題を解決するための手段】本願において開示される発明のうち、代表的なものの概要を簡単に説明すれば、以下のとおりである。

【0014】本発明は、面方位が(100)面から(011)面もしくは(011-)面方向へ $15^\circ \sim 40^\circ$ 傾斜したGaAs基板上にエピタキシャル成長により形成された上下の多層膜からなる分布帰還型反射鏡とその間に挟まれた量子井戸からなる活性層を有する面発光レーザ装置において、前記活性層が圧縮歪みが導入されたInAlGaAs又はInGaAsPからなる井戸層を有する多重量子井戸である。

【0015】このように構成することにより、導波構造を円形のままで $\langle 2-33 \rangle$ 方向と $\langle 01-1 \rangle$ 方向の閾値キャリア密度差をさらに大きくするので、動特性においても安定した偏光特性を示す面発光レーザ装置を得ることができる。

【0016】すなわち、従来の無歪みGaAs量子井戸活性層を用いた場合に(n11)面上の結晶的に異方性をもつ面上であるが故の価電子帯の重い正孔の面内の2軸に対する光学利得の異方性に加え、井戸層に圧縮歪みが加わるとさらにその光学利得異方性は大きくなる。これは圧縮歪みにより価電子帯の重い正孔の状態関数が増加し、その変化の方向が光学利得の異方性を冗長する方向に働くからである。図3にその効果を実証する実験結果を示すフォトルミネッセンス(PL)スペクトルを示す。サンプルは(311)B基板(Bは表面原子層がAsで構成されていることを表す)基板上に作製した量子井戸である。励起光源には波長が514.5nmのArレーザを用いている。図3では、量子井戸からの発光を偏光子によって偏波分離して見ており、特定の偏波方向への光学利得の大きさを示すものである。図3(a)はノンドープIn_{0.2}Al_{0.15}Ga_{0.65}Asを井戸層としノンドープAl_{0.3}Ga_{0.7}As層を障壁層とする3井戸層の歪み量子井戸のPLスペクトルであり、図3(b)はノンドープGaAsを井戸層としノンドープAl_{0.3}Ga_{0.7}As層を障壁層とする3井戸層の歪み量子井戸のPLスペクトルである。PLスペクトルのピーク波長

での強度は偏光子の角度によって変化し、双方とも $\langle 2-33 \rangle$ 方向のときに最大値を、 $\langle 01-1 \rangle$ 方向のときに最小値をとった。図3(b)に示す無歪み量子井戸のものでは $\langle 2-33 \rangle$ 方向に比して $\langle 01-1 \rangle$ 方向に偏光した発光強度は5.9%の減少にとどまっているが、図3(a)に示す歪み量子井戸では7.4%の減少となり、その発光強度差は大きくなっている。このように歪みを入れることにより光学利得の異方性が増強される。そして、(311)面と他の(211)面、(411)面、(511)面のGaAs基板上及びその面から数度ずれたオフ基板の量子井戸でもこの光学利得異方性の増強を得ることができる。これによって面内の偏光方向による閾値キャリア密度差が無歪みの場合より大きくなり、面発光レーザ装置の静特性においては直交偏波抑圧比が増加し、動特性において主軸の閾値キャリア密度を超えても、その直交する方向の閾値キャリア密度に到達せず、安定した偏光での伝送ができ、過剰ノイズ低減が実現できる。

【0017】以下、本発明について、図面を参照して実施の形態(実施例)とともに詳細に説明する。

【0018】

【発明の実施の形態】(実施形態1)図1は、本発明による一実施形態の面発光レーザ装置の概略構成を示す断面図である。本実施形態の面発光レーザ装置は、図1に示すように、n型GaAs基板1上に、n型分布帰還型反射鏡2、AlGaAsスペーサ層3、InAlGaAs/AlGaAs多重量子井戸(MQW)活性層4、AlGaAsスペーサ層5、及びp型分布帰還型反射鏡6を順次エピタキシャル成長して構成されたものである。

【0019】前記n型GaAs基板1は、例えば、n型GaAs(311)B基板からなり、n型分布帰還型反射鏡2は、例えば、n型にドーピングされたAl_{0.15}Ga_{0.85}As層とAlAs層とを光学波長の1/4の膜厚で38対の多層膜とした分布帰還型反射鏡からなる。

【0020】前記AlGaAsスペーサ層3は、例えば、ノンドープAl_{0.5}Ga_{0.5}Asスペーサ層からなり、InAlGaAs/AlGaAs多重量子井戸(MQW)活性層4は、例えば、ノンドープIn_{0.2}Al_{0.15}Ga_{0.65}Asを井戸層とし、ノンドープAl_{0.3}Ga_{0.7}As層を障壁層とする3井戸層の多重量子井戸層からなる。

【0021】前記AlGaAsスペーサ層5は、例えば、ノンドープAl_{0.5}Ga_{0.5}Asスペーサ層からなり、p型分布帰還型反射鏡6は、例えば、p型にドーピングされたAl_{0.15}Ga_{0.85}As層とAlAs層とを光学波長の1/4の膜厚で21対の多層膜とした分布帰還型反射鏡からなる。

【0022】前記エピタキシャル成長基板に直径20μmの円形メサを形成し、ポリイミド7によって平坦化されている。露出した最表面のGaAs層にはAuZnN

iからなるリング状のp型オーミック電極8が設けられ、裏面にはAuGeNiからなるn型オーミック電極9が設けられている。

【0023】このような構成を有する面発光レーザ装置に室温で電流注入すると、発振波長は $0.85\mu\text{m}$ のレーザ発振が確認された。測定した電流-光出力特性の偏光方向依存性を図2に示す。この場合、GaAs(311)B面(Bは表面原子層がAsで構成されていることを表す)上に作製しているのもので、その表面の面指数は(311-)として表記してある。図1に示した直交する2方向に対し、効率良く $2\sim 33^\circ$ 方向に偏光している。そして、電流値17mAにおいて光出力比の最大値25dBが得られた。これは活性層をGaAs/AlGaAsとした従来の面発光レーザ装置より直交偏波抑圧比10dB向上している。

【0024】なお、本実施形態では活性層にInAlGaAs/AlGaAs量子井戸を用いたが、InGaAsP/InGaP量子井戸や、障壁層に圧縮歪みを導入したGaAsPやInGaP層を用いたInGaAsP/InGaPもしくはInGaAsP/GaAsP歪み補償量子井戸においても同様の効果が得られることは言うまでもない。

【0025】また、本実施形態ではn型GaAs(311)B基板(Bは表面原子層がAsで構成されていることを表す)を用いたが、p型GaAs(311)B基板、また表面原子層がGaで構成されているn型GaAs(311)A基板(Aは表面原子層がGaで構成されていることを表す)及びp型GaAs(311)A、面方位が(100)面から(011)もしくは(011-)面方向に $15^\circ\sim 40^\circ$ 傾斜した(n11)基板($2\leq n\leq 5$)といったn型(n11)B基板、p型(n11)B基板、n型(n11)A基板、p型(n11)A基板及びそのオフ基板を用いても同様の効果が得られることは言うまでもない。

【0026】以上、本発明を実施形態に基づき具体的に説明したが、本発明は、前記実施形態に限定されるものではなく、その要旨を逸脱しない範囲において、種々変

更し得ることは勿論である。

【0027】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、その直交偏波抑圧比が従来のものより向上でき、偏光方向の安定度を増加することができる。そして、偏光方向の安定度を増加するために従来方法に面発光レーザ装置の導波断面形状に異方性を持たせることも可能であるが、そのような方法を用いなくとも、本発明の方法を用いれば、導波断面形状を円形のままで偏光安定性を向上することができる。すなわち、導波断面形状に異方性を持たせると、発光形状が円形からずれ光ファイバとの結合効率の低下を招くが、本発明の面発光レーザ装置は光ファイバとの高結合効率を保ったまま偏光方向の安定度を向上することができる。

【0028】また、このような大きな直交偏波抑圧比を持つ本発明による面発光レーザ装置を動的に駆動させた場合にも、偏光軸と直交する発振を抑制でき過剰ノイズを低減することができる。また、偏波依存性のあるフリースペースを用いた系等での伝送特性のエラーを低減することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明による一実施形態(実施例)の面発光レーザ装置の概略構成を示す断面図である。

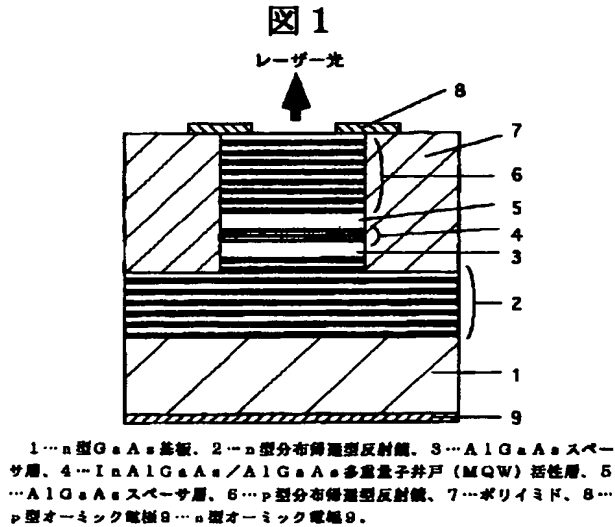
【図2】本実施形態に係わるGaAs(311)B面上にInAlGaAs/AlGaAs歪み活性層を有する面発光レーザ装置の偏光分離した電流-光強度特性を示す図である。

【図3】GaAs(311)B面上に作製した活性層の偏波分離をしたフォトルミネッセンス(PL)スペクトルを表す図である。

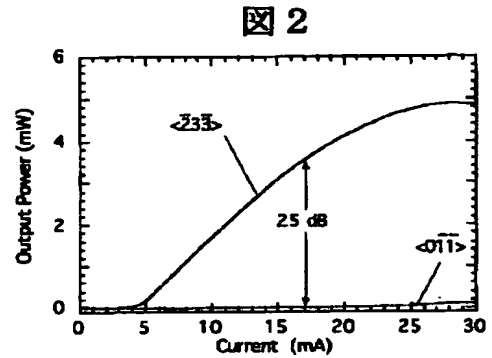
【符号の説明】

1…n型GaAs基板、2…n型分布帰還型反射鏡、3…AlGaAsスペーサ層、4…InAlGaAs/AlGaAs多重量子井戸(MQW)活性層、5…AlGaAsスペーサ層、6…p型分布帰還型反射鏡、7…ポリイミド、8…p型オーミック電極9…n型オーミック電極9。

【図1】

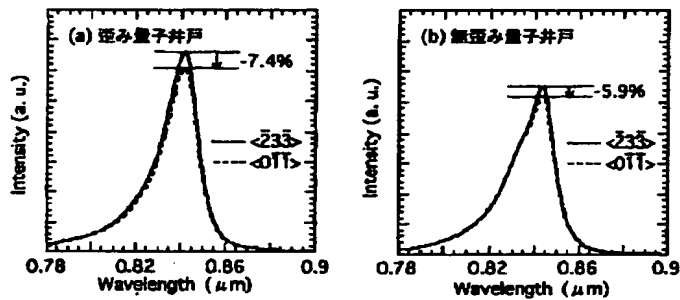


【図2】



【図3】

図3



フロントページの続き

(72)発明者 植之原 裕行
東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日
本電信電話株式会社内

(72)発明者 香川 俊明
東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日
本電信電話株式会社内

(72)発明者 天野 主税
東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日
本電信電話株式会社内

Fターム(参考) 5F073 AA74 AB17 AB28 CA13 CA15
CB02 EA22